

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. Dezember 2005 (01.12.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/114112 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:

**G01F**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP2005/051761

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LANG, Tobias**  
[DE/DE]; Elisabethenstr. 32, 70197 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. April 2005 (21.04.2005)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

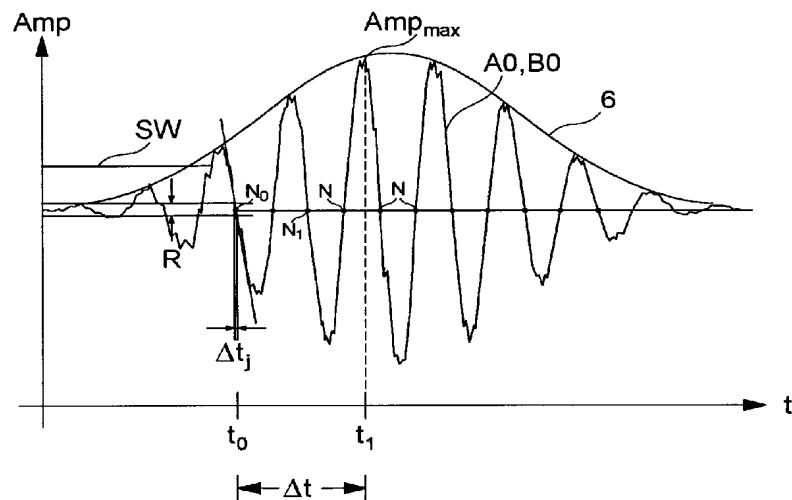
10 2004 025 243.2 22. Mai 2004 (22.05.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DETERMINATION OF THE RECEPTION TIME FOR AN ULTRASOUND SIGNAL BY MEANS OF PULSE SHAPE DETECTION

(54) Bezeichnung: BESTIMMUNG DES EMPFANGSZEITPUNKTS EINES ULTRASCHALLSINGALS MITTELS PULSFORMFASSUNG



(57) Abstract: The invention relates to an ultrasound flow sensor, comprising at least one ultrasound converter (A,B) for the transmission and receiving of ultrasound signals (A0,B0) and a receiver unit (4) arranged on the ultrasound converter (A,B) which detects a zero transition (N) of the ultrasound signal (A0,B0) as reception time, after the ultrasound signal (A0,B0) has exceeded a given threshold value (SW). The measurement accuracy of the sensor can be significantly improved, if the receiver unit (4) detects the time of a parameter characterizing the ultrasound signal (A0,B0) and records the relative time shift (deltat) of the characteristic parameter (Amp<sub>max</sub>, T<sub>s</sub>) as the zero transition (N<sub>0</sub> or N<sub>1</sub>) detected as reception time (t<sub>0</sub>).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**WO 2005/114112 A2**



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor mit wenigstens einem Ultraschallwandler (A,B) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (A0,B0) und einer am Ultraschallwandler (A,B) angeordneten Empfangseinheit (4), die einen Nulldurchgang (N) des Ultraschallsignals (A0,B0) als Empfangszeitpunkt detektiert, nachdem das Ultraschallsignal (A0,B0) einen vorgegebenen Schwellenwert (SW) überschritten hat. Die Messgenauigkeit des Sensors kann wesentlich verbessert werden, wenn die Empfangseinheit (4) den Zeitpunkt einer das Ultraschallignal (A0,B0) kennzeichnenden Größe ermittelt und die relative zeitliche Verschiebung (deltat) der kennzeichnenden Größe (Amp<sub>max</sub>,T<sub>s</sub>) zu dem als Empfangszeitpunkt (t<sub>o</sub>) detektierten Nulldurchgang (N<sub>0</sub> bzw. N<sub>1</sub>) bestimmt.

## Beschreibung

10

Bestimmung des Empfangszeitpunkts eines Ultraschallsignals  
mittels Pulsformerfassung

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor  
15 gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie ein  
Verfahren zur Bestimmung des Empfangszeitpunkts eines  
Ultraschallsignals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs  
7.

20 Ultraschall-Strömungssensoren dienen insbesondere dazu, den  
Volumen- oder Massestrom oder die Strömungsgeschwindigkeit  
eines gasförmigen oder flüssigen Mediums zu messen, das durch  
eine Rohrleitung strömt. Ein bekannter Typ von Ultraschall-  
Strömungssensoren umfasst zwei in Strömungsrichtung versetzt  
25 angeordnete Ultraschallwandler, die jeweils Ultraschall-  
signale erzeugen und diese an den jeweils anderen  
Ultraschallwandler aussenden. Die Ultraschallsignale werden  
vom jeweils anderen Wandler empfangen und mittels einer  
Elektronik ausgewertet. Der Laufzeitunterschied zwischen dem  
30 Signal in Strömungsrichtung und dem Signal in Gegenrichtung  
ist dabei ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des  
Fluids. Daraus kann die gewünschte Messgröße, wie z.B. ein  
Volumen- oder Massestrom, berechnet werden.

35 Fig. 1 zeigt eine typische Anordnung eines Ultraschall-  
Strömungssensors mit zwei Ultraschallwandlern A,B, die  
innerhalb einer Rohrleitung 3 angeordnet sind und sich in  
einem Abstand L gegenüberstehen. In der Rohrleitung 3 strömt  
ein Fluid 1 mit einer Geschwindigkeit v in Richtung des  
40 Pfeils 2. Die Messtrecke L ist gegenüber der  
Strömungsrichtung 2 um einen Winkel  $\alpha$  geneigt. Während einer

5 Messung senden sich die Ultraschallwandler A,B gegenseitig Ultraschallsignale zu, die je nach Richtung von der Strömung entweder verlangsamt oder beschleunigt werden. Die Laufzeiten der Schallsignale sind dabei ein Maß für die zu bestimmende Strömungsgeschwindigkeit.

10

Fig. 2 zeigt eine stark vereinfachte schematische Darstellung einer Wandleranordnung mit einer daran angeschlossenen Steuer- und Auswerteelektronik 4. Der Strömungssensor kann z.B. nach dem sogenannten "sing-around"-Verfahren arbeiten.

15 Dabei wird durch den Empfang eines Ultraschallsignals A0 bzw. B0 an einem der Wandler A,B unmittelbar ein Ultraschallsignal in Gegenrichtung ausgelöst.

20 Für die Laufzeitmessung eines Ultraschallsignals A0 bzw. B0 ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Empfangszeitpunkt des Ultraschallsignals A0,B0 eindeutig und genau bestimmt wird. Ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren zur Bestimmung eines Empfangszeitpunkts wird im Folgenden anhand von Fig. 3 erläutert.

25

Fig. 3 zeigt den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals A0 bzw. B0. Der "Empfangszeitpunkt" des Signals A0,B0 ist hier als der erste Nulldurchgang  $N_0$  des Signals definiert, nachdem die Signalamplitude Amp einen vorgegebenen Schwellenwert SW (den sogenannten Pretrigger Level) überschritten hat. In dem dargestellten Beispiel wäre somit der Zeitpunkt  $t_0$  der Empfangszeitpunkt des Signals. (Der Empfangszeitpunkt des Signals könnte alternativ auch anders, z.B. durch Auswertung der Phase des Signals bestimmt werden.)

40 Verschmutzungen, Driften oder Alterung der Ultraschallwandler, oder Turbulenzen im strömenden Fluid können dazu führen, dass die Amplitude der Ultraschallsignale A0,B0 stark variiert. Solange die Signalamplitude sich nicht zu stark ändert, wird die Nulldurchgangsdetektion kaum

5 beeinträchtigt, da immer der gleiche Nulldurchgang (bezogen auf das gesamte Signal) als Empfangszeitpunkt detektiert wird und die Frequenz des Signals im wesentlichen gleich bleibt. Sobald die Amplitude der vor dem Zeitpunkt  $t_0$  liegenden Halbwelle jedoch den Schwellenwert SW unterschreitet, kann es 10 zu Fehlmessungen des Empfangszeitpunkts kommen, da das Ultraschallsignal den Schwellenwert SW dann zu einem späteren Zeitpunkt überschreitet und somit ein falscher Nulldurchgang als Empfangszeitpunkt detektiert wird.

15 Fig. 4 zeigt den Signalverlauf des Ultraschallsignals A0,B0 bzw. Wandler-Ausgangssignals 5 mit verminderter Amplitude Amp. Dieses Signal übersteigt den festen Schwellenwert SW erst zu einem späteren Zeitpunkt. Die Empfangseinheit 4 ermittelt in diesem Fall den Nulldurchgang  $N_1$  und damit einen 20 falschen Nulldurchgang N als Empfangszeitpunkt  $t_0$  des Ultraschallsignals A0,B0. Die Laufzeitmessung des Ultraschallsignals A0,B0 verschiebt sich somit um ganzzahlige Vielfache von  $+/-1/f$  bzw.  $+/-1/(2f)$  ( $f$ =Ultraschallfrequenz), wodurch die Messgenauigkeit stark beeinträchtigt wird. Durch 25 starkes Anwachsen der Amplitude Amp des Ultraschallsignals A0,B0 bzw. des entsprechenden Wandler-Ausgangssignals 5 kann sich der detektierte Empfangszeitpunkt  $t_0$  auch in Richtung früherer Nulldurchgänge N verschieben (nicht gezeigt).

30 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Messgenauigkeit eines Ultraschall-Strömungssensors bei stark schwankender Signalamplitude des Ultraschallsignals zu verbessern.

35 Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 sowie im Patentanspruch 7 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

40 Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, den Zeitpunkt einer die Form des Ultraschallsignals

5 kennzeichnenden Größe (z.B. den Zeitpunkt der maximalen Amplitude oder des Signalschwerpunkts oder des Schwerpunkts der Hüllkurve) als Referenzzeitpunkt, einen Empfangszeitpunkt (z.B. einen Nulldurchgang), sowie die relative zeitliche Verschiebung des Referenzzeitpunkts zum Empfangszeitpunkt zu  
10 ermitteln. Die zeitliche Verschiebung zwischen dem Referenzzeitpunkt und dem Empfangsereignis bleibt unverändert, so lange der Schwellenwert zwischen denselben beiden Amplituden des Ultraschallsignals liegt. Ändert sich die Amplitude des Ultraschallsignals bzw. des zugehörigen  
15 Wandler-Ausgangssignals so stark, dass der Schwellenwert zwischen zwei anderen Amplituden des Signals liegt, ändert sich die Zeitdifferenz zwischen der kennzeichnenden Größe und dem detektierten Empfangsereignis sprungartig. Dies kann von der Empfangseinheit des Ultraschall-Strömungssensors erkannt  
20 und der Empfangszeitpunkt entsprechend korrigiert werden.

Die kennzeichnende Größe ist vorzugsweise eine Größe, die von der Signalamplitude unabhängig ist, wie z.B. der Zeitpunkt der maximalen Amplitude, des Signalschwerpunkts oder des  
25 Schwerpunkts der Hüllkurve.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestimmt der Zeitpunkt des Schwerpunkts der Hüllkurve den Referenzzeitpunkt. Der zeitliche Schwerpunkt der Hüllkurve  
30 kann z.B. in einer Prozessoreinheit nach folgender Beziehung berechnet werden:

$$T_s \sim \sum_{k=1}^n k * A(k) / \sum_{k=1}^n A(k),$$

35 wobei  $k$  ein Laufindex ist, der die Nummer der positiven Halbwellen des Ultraschallsignals nach Überschreiten des Schwellenwertes beschreibt.  $A(k)$  ist die Amplitude der  $k$ -ten Halbwelle nach dem Überschreiten des Schwellenwerts (Triggerzeitpunkt).

5 Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung umfasst die Empfangseinheit eine Einrichtung zur Bestimmung der maximalen Amplitude des Ultraschallsignals. In diesem Fall ist die kennzeichnende Größe die maximale Amplitude des Ultraschallsignals. Die Wahl der maximalen Amplitude des

10 Ultraschallsignals als Referenzzeitpunkt liefert prinzipiell das gleiche Ergebnis wie die Wahl des Schwerpunkts der Hüllkurve, unter der Voraussetzung, dass sich die Position der maximalen Amplitude relativ zu den anderen Amplituden nicht ändert. Verschiebt sich die Position der maximalen

15 Amplitude jedoch relativ zu den übrigen Amplituden, kann es zu Fehlmessungen kommen, da sich das Zeitintervall zwischen dem detektierten Empfangszeitpunkt  $t_0$  und dem Referenzzeitpunkt um  $n \cdot 2\pi$  verändert.

20 Die Empfangseinheit umfasst vorzugsweise einen Komparator, an dessen Eingang das vom Ultraschallwandler erzeugte Wandler-Ausgangssignal und ein Referenzsignal (z.B. eine Schwellenspannung) anliegt, wobei die Empfangseinheit aus dem Ausgangssignal des Komparators eine Information über den

25 Referenzzeitpunkt (z.B. Zeitpunkt der maximalen Amplitude oder des Schwerpunkts der Hüllkurve) ermittelt.

Das Empfangsereignis ist vorzugsweise ein Nulldurchgang, kann aber auch ein anderes vorgegebenes Kriterium sein.

30 Die Empfangseinheit ist vorzugsweise in der Lage, den Empfangszeitpunkt in Abhängigkeit von seiner zeitlichen Position zum Referenzzeitpunkt zu korrigieren.

35 Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen aus dem Stand der Technik bekannten Ultraschall-Strömungssensor mit zwei Ultraschallwandlern;

5 Fig. 2 einen Ultraschall-Strömungssensor mit zugehöriger Steuer- und Empfangsschaltung;

Fig. 3 den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals mit großer Amplitude;

10 Fig. 4 den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals mit kleiner Amplitude;

15 Fig. 5 eine aus dem Stand der Technik bekannte Schaltung zur Nulldurchgangsdetektion;

Fig. 6 einen typischen Verlauf des Signalschwerpunkts in Abhängigkeit vom Verhältnis Schwellenspannung/Signalamplitude; und

20 Fig. 7 den Verlauf des Schwerpunkts einer Hüllkurve des Ultraschallsignals in Abhängigkeit vom Verhältnis Schwellenspannung/Signalamplitude.

25 Bezuglich der Erläuterung der Fig. 1-4 wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 3 zeigt, wie erwähnt, die Bestimmung des Empfangszeitpunkts  $t_0$  eines Ultraschallsignals A0,B0 mittels Nulldurchgangsdetektion. Dabei wird der erste Nulldurchgang  $N_0$  des Signals A0 bzw. B0, nachdem das Signal A0,B0 einen vorgegebenen Schwellenwert SW überschritten hat, als Empfangszeitpunkt  $t_0$  detektiert. (Wahlweise könnte auch ein anderes Ereignis, z.B. das Überschreiten eines Schwellenwerts als Empfangsereignis definiert werden.)

Die Empfangseinheit 4 (Fig. 2) ermittelt ferner den Zeitpunkt  $t_0$  der maximalen Signalamplitude  $Amp_{max}$  und die Zeitdifferenz  $\Delta t$  zwischen dem Empfangszeitpunkt  $t_0$  und dem Zeitpunkt  $t_1$ .  
40 (Wahlweise kann auch der Zeitpunkt einer anderen

5 kennzeichnenden Größe, z.B. der Zeitpunkt des Schwerpunkts  
der Hüllkurve 6 als Referenzzeitpunkt  $t_1$  ermittelt werden.)

Bei einer starken Änderung der Signalamplitude Amp des  
Ultraschallsignals (siehe Fig. 4) wird der falsche  
10 Nulldurchgang (hier  $N_1$ ) als Empfangszeitpunkt  $t_0$  detektiert.  
Die Zeitdifferenz  $\Delta t$  ändert sich dadurch sprungartig um  
ganzzahlige Vielfache von  $1/f$  oder  $1/(2f)$ , wobei  $f$  die  
Ultraschallfrequenz ist. Dies wird von der Empfangseinheit 4  
erkannt und der Empfangszeitpunkt  $t_0$  entsprechend korrigiert.

15 Fig. 5 zeigt eine bekannte Logikschaltung zur  
Nulldurchgangsdetektion, mit der der Empfangszeitpunkt  $t_0$   
bestimmt werden kann. Die Schaltung umfasst einen ersten  
Komparator 10, an dessen Eingang (-) das Ultraschallsignal US  
20 bzw. das entsprechende Wandler-Ausgangssignal 5 anliegt, und  
an dessen anderem Eingang (+) eine Schwellenspannung  $U_{sw}$  als  
Referenz zugeführt wird. Der Ausgang des Komparators 10 geht  
immer dann in den Zustand "high", wenn die Amplitude des  
Ultraschallsignals A0,B0 die Referenzspannung  $U_{sw}$   
25 überschreitet. Aus der Dauer der High-Phasen kann der  
Zeitpunkt der maximalen Amplitude  $Amp_{max}$  bestimmt werden.

Der zweite Komparator 11 von Fig. 5 dient zur  
Nulldurchgangsdetektion. Der zweite Komparator 11 erhält  
30 hierzu an seinem positiven Eingang (+) das Ultraschallsignal  
US und an seinem negativen Eingang (-) eine entsprechende  
Referenzspannung (hier 0V). Das Ausgangssignal  $K_1, K_2$  der  
Komparatoren 10,11 ist in Fig. 6 dargestellt.

35 Fig. 6 zeigt das pulsweitenmodulierte Ausgangssignal  $K_1$  des  
ersten Komparators 10. Die einzelnen High-Phasen des Signals  
 $K_1$  können z.B. in verschiedenen Zählern gespeichert und  
ausgewertet werden. Die längste High-Phase indiziert dabei  
die maximale Amplitude  $Amp_{max}$  des Ultraschallsignals A0 bzw.  
40 B0.

5 Das Komparator-Ausgangssignal könnte analog oder digital weiterverarbeitet oder arithmetisch bewertet werden. So könnte z.B. eine Kreuzkorrelation verschiedener Ausgangssignale  $K_1$  durchgeführt werden.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Schwerpunkt  $T_s$  der Hüllkurve 6 des Ultraschallsignals  $A_0, B_0$  als charakteristische Größe herangezogen, die in Relation zum detektierten Empfangszeitpunkt  $t_0$  gesetzt wird. Der zeitliche Schwerpunkt der Hüllkurve 6 kann beispielsweise 15 aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$T_s \sim \sum_{k=1}^n k \cdot A(k) / \sum_{k=1}^n A(k),$$

20 wobei  $k$  ein Laufindex ist, der die Nummer der positiven Halbwellen des Ultraschallsignals nach Überschreiten des Schwellenwertes SW beschreibt.  $A(k)$  ist dabei die Amplitude der  $k$ -ten Halbwelle nach dem Überschreiten des Schwellenwerts (Triggerzeitpunkt).

25 Fig. 7 zeigt den Verlauf des Signalschwerpunkts  $T_s$  in Abhängigkeit vom Verhältnis der Schwellenspannung USW zur Signalamplitude Amp. Immer dann, wenn sich die Amplitude Amp des Ultraschallsignals  $A_0, B_0$  so stark ändert, dass der Schwellenwert USW eine Signalperiode früher oder später 30 überschritten wird, hat das Signal  $T_s$  einen Sprung.

Da eine höhere Amplitude  $A(k)$  auch eine größere High-Zeit des ersten Komparators 10 nach sich zieht, kann  $A(k)$  in einer groben, aber ausreichend guten Näherung durch die High-Zeit 35 des Signals  $K_1$  ersetzt werden. Die erste Summe der vorstehend genannten Gleichung kann ohne arithmetische Funktionen z.B. mittels eines Zählers realisiert werden, dessen Takteingang vom High-Pegel des pulsweitenmodulierten Komparator-Ausgangssignals  $K_1$  freigeschaltet wird. Die Multiplikation 40 mit dem Laufindex  $k$  kann ohne Arithmetik erreicht werden,

- 5 indem die Taktfrequenz des Zählers bei jeder Halbwelle entsprechend erhöht oder erniedrigt wird.

5

## Bezugszeichenliste

10

1	Fluid
2	Strömungsrichtung
3	Rohrleitung
4	Steuer- und Auswerteeinheit
15	5 Wandler-Ausgangssignal
6	Hüllkurve
10	erster Komparator
11	zweiter Komparator
12	Monoflop
20	13 Verarbeitungseinheit
14	UND-Gatter
K <sub>1</sub>	Komparator-Ausgangssignal
K <sub>2</sub>	Komparator-Ausgangssignal
SW	Schwellenwert
25	A, B Ultraschallwandler
A <sub>0</sub> , B <sub>0</sub>	Ultraschallsignale
Amp <sub>max</sub>	maximale Amplitude
t <sub>0</sub>	Empfangszeitpunkt
Δt	Zeitverschiebung
30	USW Schwellenspannung
US	Ultraschallsignaleingang
T <sub>s</sub>	Schwerpunkt der Hüllkurve

5

## Patentansprüche

10

## 1. Ultraschall-Strömungssensor, umfassend

- wenigstens einen Ultraschallwandler (A,B) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>), und
- eine am Ultraschallwandler (A,B) angeschlossene

15 Empfangseinheit (4), die ein vorgegebenes Ereignis (N) des Ultraschallsignals (A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>) als Empfangszeitpunkt (t<sub>0</sub>) detektiert,

dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) derart realisiert ist, dass sie den Zeitpunkt (t<sub>1</sub>) einer das

20 Ultraschallsignal (A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>) kennzeichnenden Größe (Amp<sub>max</sub>,T<sub>s</sub>), sowie die zeitliche Verschiebung ( $\Delta t$ ) des Zeitpunkts (t<sub>1</sub>) zum Empfangszeitpunkt (t<sub>0</sub>) ermittelt.

## 2. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch

25 gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine maximale Amplitude (Amp<sub>max</sub>) des Ultraschallsignals (A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>) als kennzeichnende Größe ermittelt.

## 3. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch

30 gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) die zeitliche Lage (T<sub>s</sub>) des Schwerpunkts des Ultraschallsignals (A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>) oder seiner Hüllkurve (6) als kennzeichnende Größe bestimmt.

## 4. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden

35 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) einen Komparator (10) umfasst, an dessen Eingang ein Wandler-Ausgangssignal (5) und ein Referenzsignal (SW) anliegt, und dass die Empfangseinheit (4) aus dem Ausgangssignal des Komparators (10) eine Information über den 40 Zeitpunkt (t<sub>1</sub>) der kennzeichnenden Größe (Amp<sub>max</sub>,T<sub>s</sub>) ermittelt.

5

5. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das am Komparator (10) anliegende Referenzsignal ein Schwellenwert (SW) ungleich Null ist und das Ausgangssignal des Komparators (10) ein pulsweitenmoduliertes Signal (K1) ist, aus dem der Zeitpunkt ( $t_1$ ) der kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ) ermittelt wird.

10

6. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfangszeitpunkt (15) ( $t_0$ ) in Abhängigkeit von der zeitlichen Verschiebung ( $\Delta t$ ) korrigiert wird.

15

7. Verfahren zur Detektion eines Ultraschallsignals ( $A_0, B_0$ ) an einem Ultraschallwandler (A,B) mittels einer Empfangseinheit (4), die ein vorgegebenes Ereignis (N) des Ultraschallsignals ( $A_0, B_0$ ) als Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) detektiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) den Zeitpunkt ( $t_1$ ) einer das Ultraschallsignal ( $A_0, B_0$ ) kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ), sowie die zeitliche (20) Verschiebung ( $\Delta t$ ) des Zeitpunkts ( $t_1$ ) zum Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) ermittelt.

25

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine maximale Amplitude ( $Amp_{max}$ ) des Ultraschallsignals ( $A_0, B_0$ ) als kennzeichnende Größe (30) ermittelt.

30

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) die zeitliche Lage des Schwerpunkts des Ultraschallsignals ( $A_0, B_0$ ) oder seiner Hüllkurve (6) als (35) kennzeichnende Größe bestimmt.

1 / 4

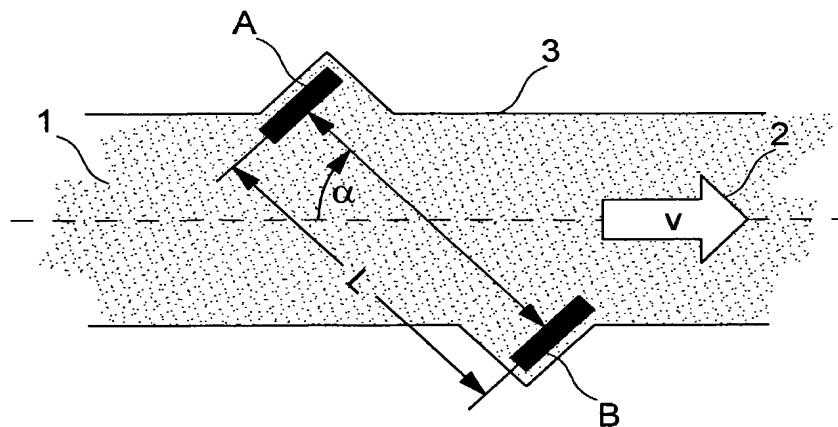


Fig. 1

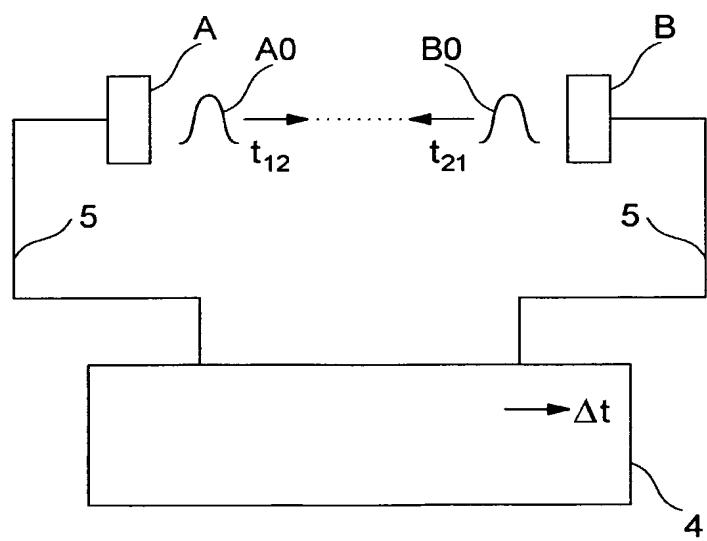


Fig. 2

2 / 4

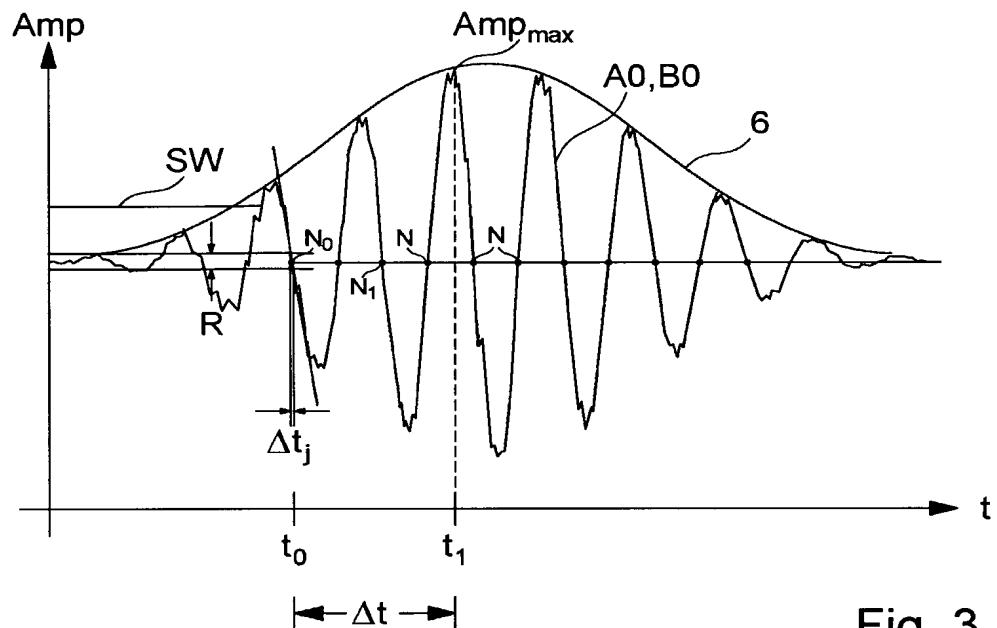


Fig. 3

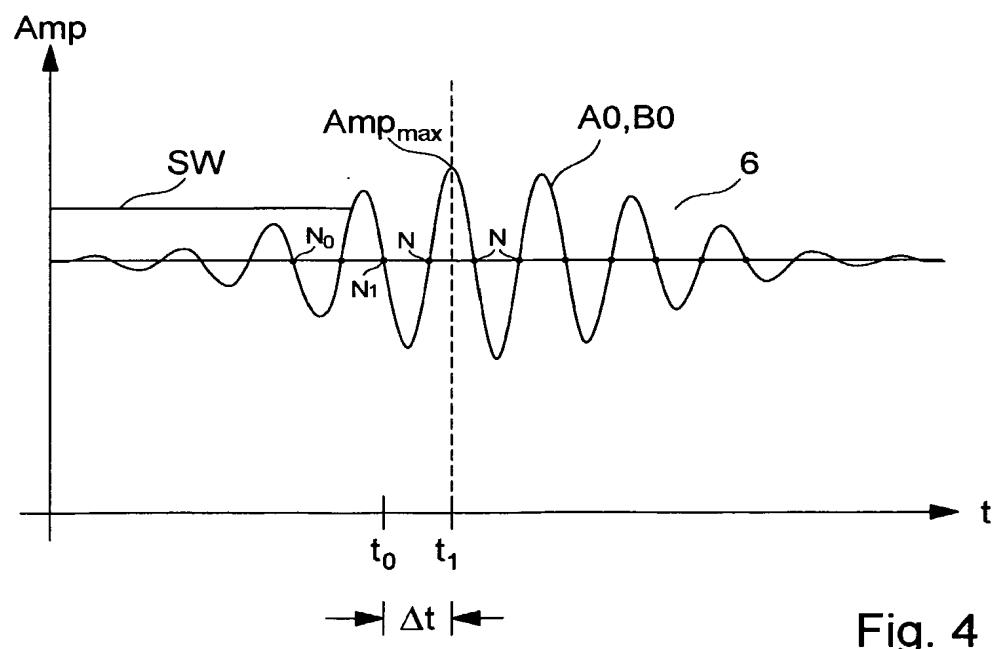


Fig. 4

3 / 4

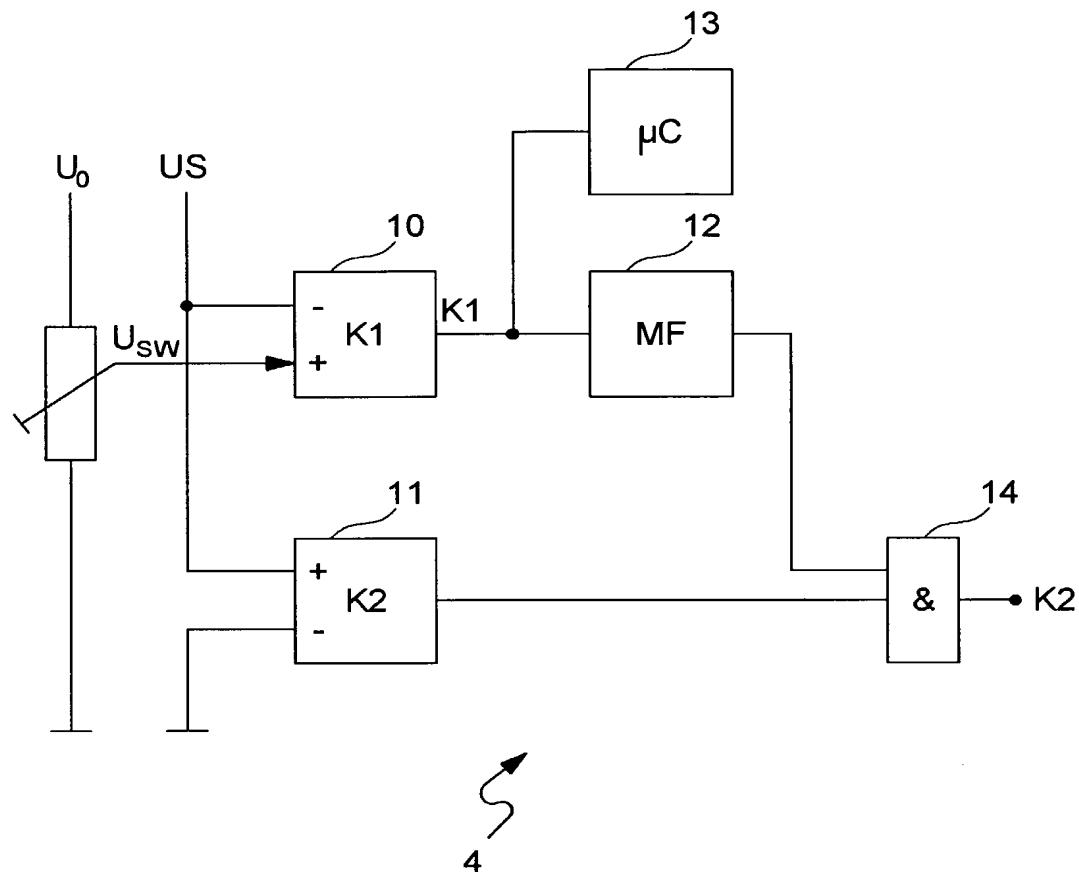


Fig. 5

4 / 4

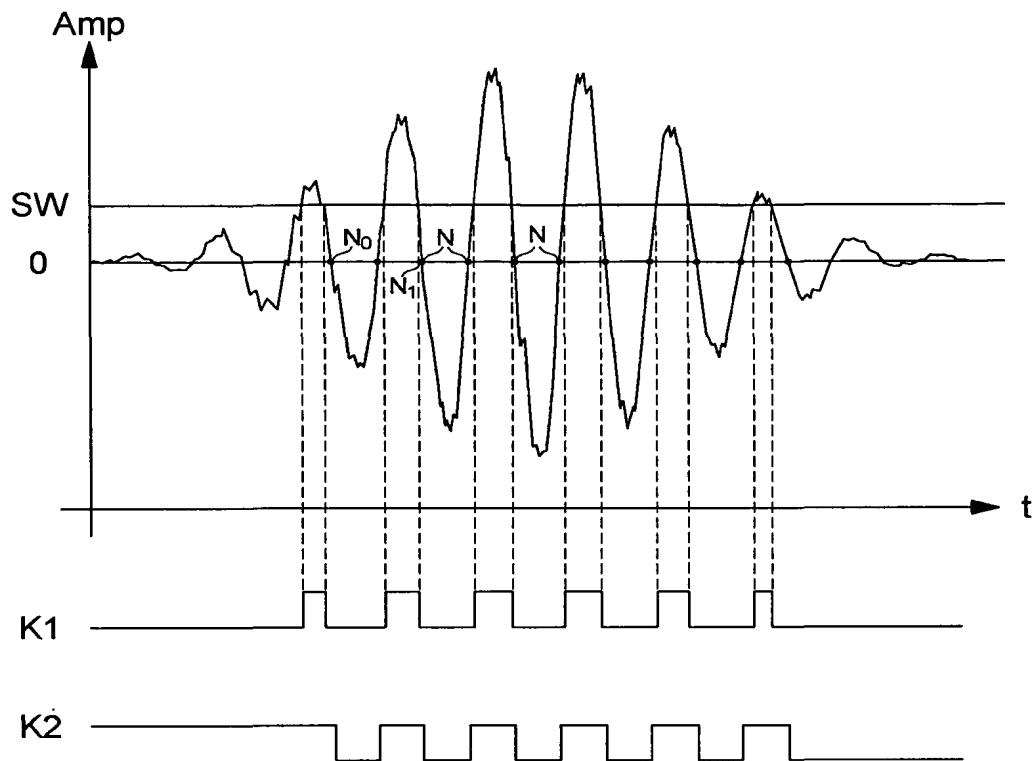


Fig. 6

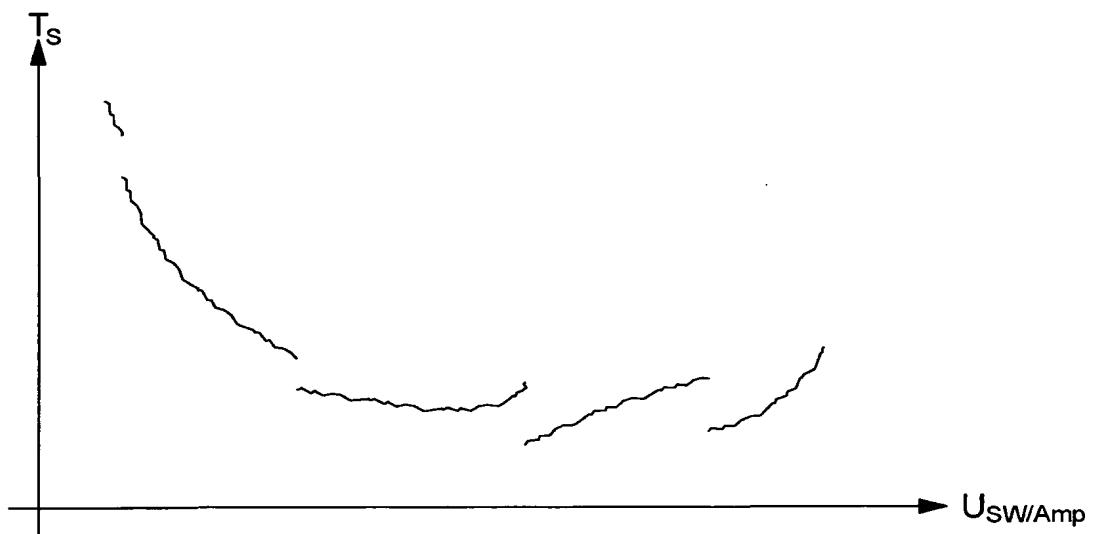


Fig. 7